

# О ПРИМЕНИМОСТИ ЭМПИРИЧЕСКИХ ФОРМУЛ ДЛЯ КОНТУРОВ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ РАСЧЁТЕ ИХ ЛАЗЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

А. Н. РУБИНОВ, И. КЕЧКЕМЕТИ, Л. П. ЕЖОВА, Л. КОЗМА  
Институт физики АН БССР, Минск; Институт физики Университета им.

Аттилы Йожефа, Сегед

(Поступило в редакцию 1 июля 1974 г.)

Исследована применимость аналитических выражений для спектров поглощения и люминесценции при расчетах лазерных характеристик органических красителей в квазистационарном режиме. Показаны границы применимости этих выражений для определения параметров генерации.

Для расчёта характеристик генерации лазера необходимо знать спектральные контуры полос поглощения и люминесценции его активного вещества. В случае красителей точные аналитические выражения для контуров полос отсутствуют. Поэтому при количественных расчётах параметров генерации в этом случае необходимо пользоваться либо экспериментальными измерениями спектров либо эмпирическими формулами для их описания.

В данной работе рассматривается возможность применения для этой цели эмпирических формул, предложенных в работах [1, 3].

Согласно [2], спектральные зависимости порога генерации и коэффициента усиления ОКГ на красителях определяются выражениями:

$$k_{\text{усил}}(v) = n \frac{v^2}{8\pi\tau_0} \cdot \frac{f_q(v)}{v^2} PS - (1-S)k(v)\eta^*(v), \quad (1)$$

$$U_{\text{н}}^{\text{пор}}(v) = \frac{[k(v) + \varrho] \frac{1}{\eta_{\text{max}}\tau_0}}{\frac{nv^2}{8\pi\tau_0} \cdot \frac{f_q(v)}{v^2} - \frac{\varrho + [1 - \eta^*(v)] \cdot k(v)}{P}}, \quad (2)$$

где  $n$  — концентрация молекул красителя,  $v$  — скорость света в растворе,  $\eta_{\text{max}}$  — максимальное значение квантового выхода,  $\tau_0$  — время затухания флуоресценции,  $\varrho$  — коэффициент потерь резонатора,  $P$  и  $S$  — постоянные, характеризующие населенность триплетного уровня и интенсивность накачки.

Для расчёта характеристик (1) и (2) необходимо знать функции  $k(v)$ ,  $f(v)$  и  $\eta^*(v)$ . Проведем расчёт в двух вариантах: в первом варианте используем

экспериментальные данные для описания этих функций, во втором — эмпирические формулы из работ [1, 3]:

$$k(\nu) = A \cdot \nu \exp(b_1 \nu) \operatorname{sech}[a_1(\nu_{01} - \nu)], \quad (3)$$

$$f_q(\nu) = B\nu^3 \exp(-b_2 \nu) \operatorname{sech}[a_2(\nu - \nu_{02})], \quad (4)$$

$$\eta^*(\nu) = \frac{c}{1 + D \exp(m\nu)}, \quad (5)$$

где  $A, B, C$  — нормирующие множители,  $a_1, a_2, b_1, b_2, D$  — эмпирические постоянные.

Заметим, что в обоих вариантах универсальное соотношение Степанова [4] не используется, так как, согласно [5], его применение при количественных вычислениях может приводить к существенным ошибкам.

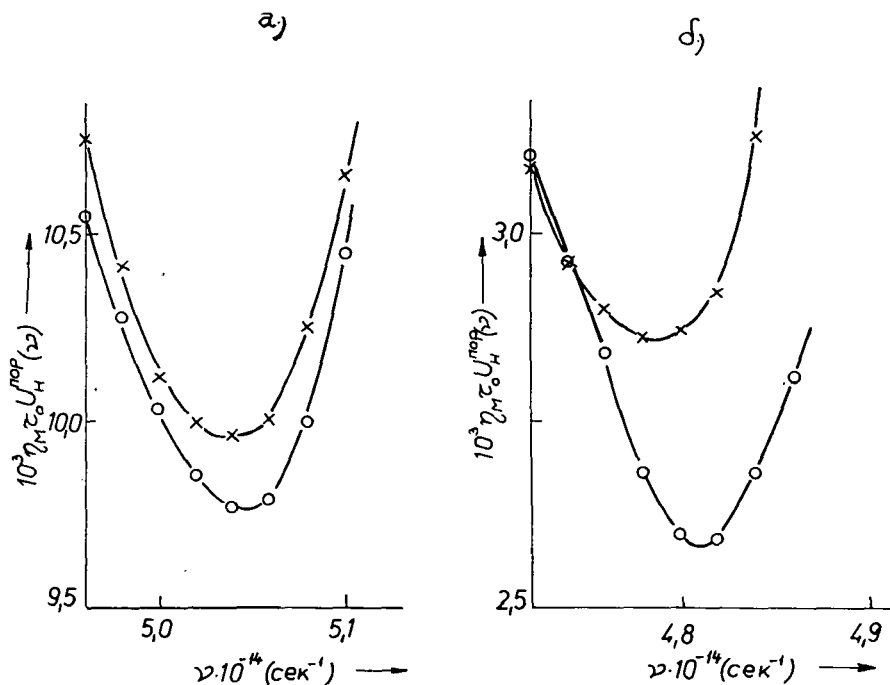


Рис. 1. Зависимость пороговой энергии накачки от частоты. а) — родамин 6Ж, б) — родамин В в этиловом спирте.  $\circ$  — по экспериментальным данным,  $\times$  — по формулам (3)–(5)

Результаты расчётов, полученные в одном и другом случае, приведены на рис. 1, 2.

На рис. 1 даны кривые  $U_n^{\text{пор}}(\nu)$  для растворов родамина 6Ж и родамина В. Видно, что у родамина 6Ж зависимости, полученные по экспериментальным данным и по формулам (3)–(5), хорошо совпадают. Значения пороговой

плотности накачки в минимумах кривых отличаются всего на 2%. В то же время для родамина В наблюдается заметное расхождение результатов расчёта в рассматриваемых двух случаях: минимальные величины  $U_{\text{н}}^{\text{пор}}(\nu)$  отличаются более, чем на 10% и спектральное положение минимумов не совпадает.

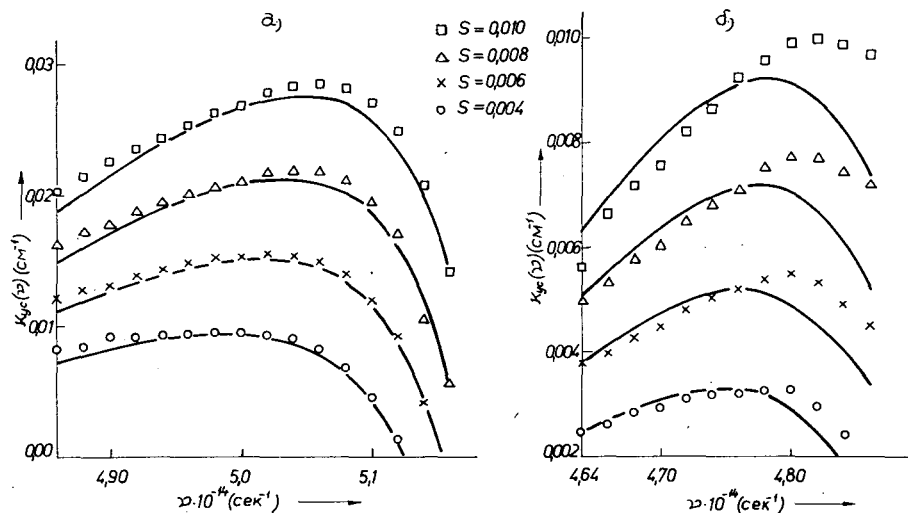


Рис. 2. Кривые усиления красителей (а) и б) — те же, что на рис. 1); сплошные кривые по экспериментальным данным, точки — по формулам

На рис. 2 представлены спектры усиления тех же красителей при разных интенсивностях накачки. Из рисунка видно, что для родамина 6Ж коэффициенты усиления, полученные на основе экспериментальных данных и вычисленные по эмпирическим формулам, практически совпадают по всей полосе усиления. Для родамина В совпадение имеется лишь в области малых частот. В коротковолновой области спектра коэффициенты усиления, рассчитанные двумя способами, существенно различаются как по величине, так и по спектральному ходу кривых.

Полученные результаты показывают, что эмпирические формулы (3)—(5) позволяют достаточно хорошо рассчитывать лазерные характеристики красителей с экспоненциальным ходом контура люминесценции в его длинноволновой части. В то же время для красителей, у которых

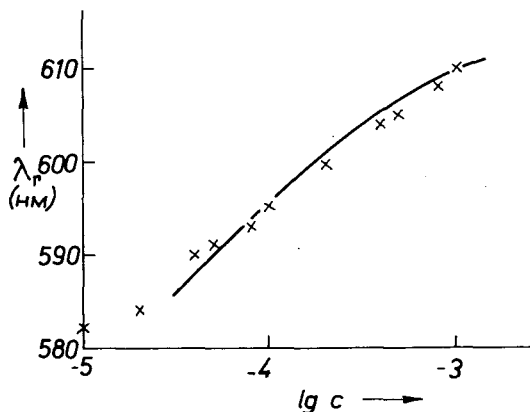


Рис. 3. Зависимость длины волны генерации от концентрации родамина 6Ж. Точки — экспериментальные данные, сплошная кривая — расчёт по формуле (1)

в длинноволновом участке спектра люминесценции наблюдаются побочные максимумы, использование формул (3)—(5) может приводить к ошибкам.

Для иллюстрации применимости формул (3)—(5) к лазеру на растворе родамина 6Ж на рис. 3 представлены зависимости длины волны генерации такого лазера от концентрации красителя, рассчитанные теоретически по формулам (3)—(5) и измеренные экспериментально. Из рисунка видно, что результаты расчёта и эксперимента хорошо совпадают друг с другом.

#### Литература

- [1] *Dombi, J. I. Ketskéméty, L. Kozma: Acta Phys. et Chem. Szeged 10, 15 (1964).*
- [2] *Ketskéméty, I., L. Kozma: Z. Naturforsch. 27a, 1685 (1972).*
- [3] *Хевеши, Й., Л. Козма: Опт. и спектр. 19, 434 (1965).*
- [4] *Степанов, Б. И.: ДАН СССР 112, 839 (1957).*
- [5] *Кечкемети, И., Л. Козма, Й. Хевеши: Acta Phys. et Chem. Szeged 12, 83 (1966).*

#### THE APPLICABILITY OF EMPIRICAL FORMULAS OF ABSORPTION AND FLUORESCENCE BANDS OF DYES TO THE CALCULATION OF LASER PARAMETERS

*A. N. Rubinov, I. Ketskéméty, L. P. Ezhova, L. Kozma*

The paper accounts of the applicability of analytic equations of absorption and emission spectra to the calculation of quasi-stationary dye laser parameters. The limit of applicability of these equations are shown.